

CLIPPEDIMAGE= JP02002185056A

PAT-NO: JP02002185056A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002185056 A

TITLE: ABNORMALITY DETECTION DEVICE OF PIEZO ACTUATOR

PUBN-DATE: June 28, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAMIYA, TAKAMICHI

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

DENSO CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2000383108

APPL-DATE: December 18, 2000

INT-CL (IPC): H01L041/09;F02D041/22 ;F02M051/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve the abnormality detection device of a piezo actuator that can accurately detect abnormal state, such as partial and entire burnout in the piezo actuator, and to improve reliability and working efficiency in abnormality judgment.

SOLUTION: A detection point 6 is provided in the middle of a conduction path 11 to piezo stacks P1 and P2 of the piezo actuator which are electrically connected in parallel and being used under the same environment conditions, and a battery 51 is connected via a switch SW. A battery voltage is applied to the piezo stack P1 via the detection point 6, voltage at the detection point 6 when charge accumulated in the piezo stack P1 is recharged to

the piezo stacks P1
and P2 is detected by a voltage monitor circuit 7, and the
abnormal state such
as the partial and entire burnout in the piezo actuator is
detected based on
the detected result.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the malfunction detection equipment which detects the abnormalities of the piezo actuator applied to the piezo injector of an internal combustion engine etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the piezo actuator using the piezo electric crystal expanded and contracted by impression of voltage is excellent in a high response at a controllability, use of the driving gear for vehicles, for example, the injector of a piezo drive formula etc., is considered from before. Since it corresponds to new vehicles regulation on the other hand in recent years, it is a vehicles loading equipment failure.

[0003] Establishing a malfunction detection circuit in the driving gear of a piezo actuator is indicated by JP,1-202177,A, concerning the safety practice to the high voltage of a piezo actuator. When the charging current or the discharge current which flows for a drive current path at the time of the charge and discharge of a piezo actuator is detected and these charging currents or the discharge current has not reached predetermined level, this malfunction detection circuit judges that it is unusual, and as high-voltage generating operation is forbidden or it performs an unusual display, it is raising the reliability of equipment at the time of malfunction detection.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Here, since the piezo actuator has the structure where came to carry out the laminating of two or more piezo electric crystals through the electrode, and parallel connection of many capacitive elements was carried out electrically, it has the failure mode (a part is disconnected) from which it disconnects inside a layered product and the total capacity changes. Therefore, if this is detectable in distinction from all open circuits of a piezo actuator or a wire open circuit, it will enable the time and effort which specification of abnormalities takes to cut down sharply.

[0005] For example, when the above-mentioned conventional method of detection is applied, a small current threshold is set as the grade which can judge an open-circuit state in part, and it is possible to judge an open-circuit state in part as compared with this set point. However, even if it had not disconnected the piezo actuator, it had the problem that it was difficult to attach distinction with the capacity change by open circuit, and the capacity change by the environmental factor in part, and there was possibility of an incorrect judging from having the property that the total capacity changes, by change of operating environments, such as temperature and a pressure.

[0006] this invention was made in view of the above-mentioned actual condition, and the purpose realizes the malfunction detection equipment of a detectable piezo actuator with a sufficient precision for the state of abnormalities [a part], such as an open circuit and all open circuits, inside a piezo actuator, and is to improve the reliability and the workability of an unusual judging.

[0007]

[Means for Solving the Problem] It is equipment which detects the abnormalities of the piezo actuator expanded and contracted by invention of a claim 1 having the structure which carried out the laminating of many piezo electric crystals, and charging or discharging by driving means. While forming two or more piezo actuators which parallel connection is electrically carried out and are used by the same

environmental condition A detection voltage impression means to connect with the detecting point established in the middle of the energization path from the above-mentioned driving means to two or more above-mentioned piezo actuators, and to impress the constant voltage for detection to one side of two or more above-mentioned piezo actuators through this detecting point, After impressing the constant voltage for the above-mentioned detection from the above-mentioned detection voltage impression means to above-mentioned one piezo actuator through the above-mentioned detecting point, A voltage monitor means to detect the voltage of the above-mentioned detecting point when carrying out the recharge of the charge accumulated at above-mentioned one piezo actuator to above-mentioned one piezo actuator and the piezo actuator of another side is established. And based on the detection result of the above-mentioned voltage monitor means, the state of the abnormalities of the above-mentioned piezo actuator is detected.

[0008] If the recharge of the charge of the specified quantity charged by above-mentioned one piezo actuator from the above-mentioned detection voltage impression means is carried out to two or more above-mentioned piezo actuators by which parallel connection is carried out, a charge will be redistributed according to each capacity. Since the total capacity will change if it is determined according to the total capacity of two or more above-mentioned piezo actuators and the above-mentioned piezo actuator has an open circuit or all open circuits in part, the voltage between ends of two or more above-mentioned piezo actuators after a recharge can distinguish and detect abnormalities of the above-mentioned piezo actuator, such as an open circuit or all open circuits, in part by detecting the piezo actuator voltage after a recharge as voltage of the above-mentioned detecting point. Moreover, since two or more above-mentioned piezo actuators are installed in the same environmental condition, an unusual judging can be performed in a high precision with sufficient workability, without being influenced of environmental conditions, such as temperature and a pressure.

[0009] Like a claim 2, specifically, two or more above-mentioned piezo actuators can be made into the same structure, and the abnormalities of the piezo actuator of another side can be detected by using above-mentioned one piezo actuator of them as the piezo actuator for reference. and -- if it will judge with having no open circuit if the voltage detected with the above-mentioned voltage monitor means is $+B/2$ and is more greatly [than $+B/2$] smaller than $+B$, when the constant voltage for the above-mentioned detection is set to $+B$ -- some piezo actuators of above-mentioned another side -- it judges with an open circuit, and if it is $+B$, it will judge with all open circuits or wiring open circuit of a piezo actuator of above-mentioned another side

[0010] If the piezo actuator of above-mentioned another side is normal when the above-mentioned piezo actuator for reference is the same laminated structure as the piezo actuator of above-mentioned another side, the voltage detected by the above-mentioned voltage monitor means will be set to one half of the above-mentioned constant voltages. If a part of piezo actuator of above-mentioned another side is disconnected, in order that an actual capacity may decrease, the voltage detected becomes larger than one half of the above-mentioned constant voltages. Moreover, if the piezo actuator of above-mentioned another side is all disconnected, the voltage detected will not change with the above-mentioned constant voltage. Therefore, the existence of abnormalities can judge with a sufficient precision by comparing with these values and the detected voltage.

[0011] Or the case where both two or more above-mentioned piezo actuators are abnormal can also be taken into consideration like a claim 3. When two or more above-mentioned piezo actuators are made into the same structure and the constant voltage for the above-mentioned detection is set to $+B$, If the voltage detected with the above-mentioned voltage monitor means is $+B$, it will judge with all open circuits or wiring open circuit of a piezo actuator of another side at least. + If smaller more greatly than $B/2$ than $+B$, a part of piezo actuator of above-mentioned another side will judge with an open circuit at least. + Judge with it being the same. if it is $B/2$ -- having no open circuit or above-mentioned one piezo actuator, and the piezo actuator of above-mentioned another side -- a part -- an open circuit -- the amount of open circuits -- If smaller more greatly than 0 than $+B/2$, a part of above-mentioned one piezo actuator will judge with an open circuit at least, and if it is 0, above-mentioned one piezo actuator will judge with all open circuits or a wiring open circuit at least.

[0012] Since the constant voltage for the above-mentioned detection is not charged by above-mentioned one piezo actuator abnormalities, for example, when there is an open circuit in part, the voltage detected

by the above-mentioned voltage monitor means becomes smaller than one half of the above-mentioned constant voltages. In all open circuits or a wiring open circuit, the voltage detected is set to 0. moreover, some of above-mentioned one piezo actuators and piezo actuators of above-mentioned another side -- when the amount of open circuits is the same, one half of the voltage values of the above-mentioned constant voltage are detected There will be abnormalities which it mentioned above to the piezo actuator of above-mentioned another side at least when the voltage detected was larger than one half of the above-mentioned constant voltages. If it does in this way, the unusual judging of two equivalent piezo actuators can be performed simultaneously.

[0013] Suitably, two or more above-mentioned piezo actuators shall be built in two or more piezo injectors formed in the internal combustion engine like a claim 4, respectively. Since the piezo injector installed in an internal combustion engine is in an equal environmental condition, the above-mentioned unusual judging can use suitably. Moreover, workability, such as out-of-condition investigation of an internal combustion engine, improves greatly by applying this invention to the piezo injector which has the piezo actuator of a large number equivalent to the number of cylinders.

[0014]

[Embodiments of the Invention] The form of the 1st operation which applied this invention to the malfunction detection of the piezo injector in which it is prepared by the common rail fuel injection equipment of an engine hereafter is explained. Drawing 1 is the whole drive control-system block diagram of the piezo actuator built in a piezo injector, and it is equipped with the malfunction detection equipment of a piezo actuator so that it may mention later. Since P1 and P2 express among drawing the piezo stack which constitutes the principal part of a piezo actuator and each piezo injector is connected to a common common rail (pressure accumulation piping), the piezo stack P1 and the piezo stack P2 have conditions, such as temperature and a pressure, in the same equal environmental condition. In addition, since a piezo injector has the same simple number ***** as the number of cylinders of an engine here, it shows only two (piezo stacks P1 and P2) of them.

[0015] In drawing 1, the drive control section (ECU) 1 of the piezo actuator which is driving means The high-voltage generating circuit 2 which generates the high voltage impressed to the piezo stacks P1 and P2, The switching circuit 3 equipped with the switching element for electric discharge for making the charge accumulated at the switching element for charge and the piezo stacks P1 and P2 for impressing the high voltage generated in the high-voltage generating circuit 2 to the piezo stacks P1 and P2 discharge, It has the control circuit 4 which controls ON-OFF of the object for charge of this switching circuit 3, or the switching element for electric discharge. The series connection of the switching elements T1 and T2 for selection is carried out to the piezo stacks P1 and P2, respectively, and the piezo stacks P1 and P2 used as the candidate for a drive are chosen as them by carrying out ON-OFF control of the switching elements T1 and T2 for these selections.

[0016] It is that the piezo stacks P1 and P2 are circular or the thing which carried out the laminating of many piezo electric crystals, such as PZT fabricated to the rectangular tabular, and was unified, and + electrode and - electrode are formed by turns between piezo electric crystals. Drawing 2 is the representative circuit schematic of the piezo stacks P1 and P2, and the piezo electric crystal (C1-Cn) of a large number which are capacitive elements has the composition connected in parallel electrically, and it elongates by pouring (charge) of a charge, it contracts by removal (electric discharge) of a charge, and it carries out the opening-and-closing drive of the piezo injector. If a charge signal or an electric discharge signal is outputted from a control circuit 4, the object for charge or the switching element for electric discharge of a switching circuit 3 will turn on, and charge or electric discharge will be made by the piezo stacks P1 and P2 chosen with the switching elements T1 and T2 for selection.

[0017] Two or more switching method which switches gradually, for example and performs charge and discharge is used for switching. In this method, a control circuit 4 starts charge, when the rising edge of an injection signal (for example, 0-5V square wave signal) is detected, it turns on the switching element for charge of a switching circuit 3, and charges the high voltage which carried out the pressure up in the high-voltage generating circuit 2 at the piezo stacks P1 and P2 for a drive. Then, if the charging current reaches a predetermined value (for example, 20A), the switching element for charge will be turned off and it will repeat turning ON again in a fixed OFF period (for example, 10 microseconds). And if predetermined charge voltage (for example, 100V) is reached, OFF fixation of the switching element for

charge will be carried out, and it will consider as the completion of charge.

[0018] Subsequently, detection of the falling edge of a control signal starts electric discharge. First, the switching element for electric discharge of a switching circuit 3 is turned on, and the charge charged by the piezo stacks P1 and P2 is emitted. If the discharge current reaches a predetermined value (for example, 20A), the switching element for electric discharge is turned off, and it repeats turning ON the switching element for electric discharge again in a fixed OFF period (for example, 10 microseconds). If charge voltage reaches zero, OFF fixation of the switching element for electric discharge will be carried out, and it will consider as the completion of electric discharge.

[0019] In this invention, in order to perform malfunction detection of the piezo stacks P1 and P2, a detection voltage impression means 5 to impress the predetermined constant voltage for detection (+B) to one side of the piezo stacks P1 and P2 is established in the drive control section 1. The detection voltage impression means 5 has the battery 51 connected through Switch SW at the detecting point 6 established in the middle of the energization path 11 from the switching circuit 3 to the piezo stacks P1 and P2, and impresses battery voltage (+B) to it through this detecting point 6 at one side of the piezo stacks P1 and P2. Moreover, in order to know the voltage between ends of the piezo stacks P1 and P2 when carrying out the recharge of the charge which did in this way and was accumulated at one side of the piezo stacks P1 and P2 to both piezo stacks P1 and P2, the voltage monitor circuit 7 as a voltage monitor means to detect the voltage of the detecting point 6 is formed.

[0020] Next, the operation of the malfunction detection equipment which consists of a detection voltage impression means 5 and a voltage monitor circuit 7 is explained. Here, timing which carries out malfunction detection is taken as the period (period which has the object for charge and the switching element for electric discharge of a switching circuit 3 in an OFF state) when injection of a piezo injector is not performed. Moreover, the piezo stack P1 shows the case where the existence of the abnormalities of the piezo stack P2 which the normal thing shall be checked and serves as a piezo actuator for detection (piezo actuator of another side) considering this as a piezo actuator for reference (one piezo actuator) is detected, as a temporary prerequisite here.

[0021] First, the switching element T2 for ON and selection is set to OFF, Switch SW is set to ON for the switching element T1 for selection, and battery voltage (+B) is charged at the piezo stack P1. Subsequently, Switch SW is turned off, the switching element T2 for selection is turned on (the switching element T1 for selection is considered as as [of ON]), and the charge currently stored in the piezo stack P1 is emitted to the piezo stack P2. If the piezo stack P2 is not disconnected at this time, since capacity serves as double precision by the above-mentioned operation, the voltage by which a monitor is carried out in the voltage monitor circuit 7 is set to $+B/2$. Moreover, since capacity will become 1.5 times by the above-mentioned operation supposing an open circuit arises in part like drawing 3 inside [piezo stack P2] composition of having carried out parallel connection of the capacitive element, for example, capacity becomes half, the voltage by which a monitor is carried out is set to $+B \times 2/3$. Moreover, if the piezo stack P2 serves as all open circuits or a wiring open circuit, since there will be no discharge of a charge, the voltage by which a monitor is carried out does not change with +B.

[0022] Correspondence of this monitor voltage and a piezo stack P2 open-circuit judging is shown in Table 1. thus, the thing of two or more piezo stacks which it uses as an object for reference on the other hand (piezo stack P1), and is done for the monitor of the voltage -- the unusual judging of the piezo stack P2 of another side -- easy -- it can carry out -- a part of piezo stack P2 -- an open circuit is detectable in distinction from all open circuits or a wiring open circuit Moreover, by carrying out the equal piezo stack P1 of an environmental condition to reference, the influence of an environmental condition can be eliminated and reliable unusual judging equipment can be realized.

[0023]

[Table 1]

モニタ電圧 (V)	P2 断線判定
$+B/2$	断線無し
$+B/2 \sim +B$	スタック一部断線
$+B$	スタック全断線または、ワイヤ断線

[0024] In addition, although the form of implementation of the above 1st explained the case where malfunction detection was performed on the assumption that the piezo stack P1 is normal, as it is shown as a form of the 2nd operation below, in consideration of possibility that abnormalities are in the piezo stack P1, an unusual judging can also be performed below.

[0025] In the form of implementation of the above 1st, when the switching element T2 for ON and selection is set to OFF, Switch SW is set to ON for the switching element T1 for selection and battery voltage (+B) is charged at the piezo stack P1, the charge Q1 charged by the piezo stack P1 is expressed with $Q1=C1x+B$. When this charge Q1 turns off Switch SW and subsequently turns on the switching element T2 for selection V:monitor voltage, the capacity of the C1:piezo stack P1, C2 since a recharge is carried out to a synthetic capacity of the piezo stack P1 and the piezo stack P2 : if it is piezo stack P2 capacity It is set to $Q1=C1x+B=(C1+C2) \times V$, and the general formula of the monitor voltage V is as follows.

$$V=+Bx (C1/(C1+C2))$$

[0026] From the above-mentioned general formula, or there is no open circuit in part in both the piezo stack P1 and the piezo stack P2, when the amount of open circuits is the same, it is $C1=C2$ and is $V=+B/2$ in part. When it is $C2=0$ (the piezo stack P2 is all open circuits or a wiring open circuit at least), moreover, $V=+B$, When it is $C1=0$ (the piezo stack P1 is all open circuits or a wiring open circuit at least) and is $V=0$ and $C2<C1$ (the piezo stack P2 disconnects a part at least), $+B/2<V<+B$, When it is $C1<C2$ (the piezo stack P1 disconnects a part at least), $0<V<+B$ and a bird clapper are known. Correspondence of this monitor voltage, the piezo stack P1, and P2 open-circuit judging is shown in Table 2.

[0027]

[Table 2]

モニタ電圧 (V)	P1,P2 断線判定
+B	少なくとも P2 が、スタック全断線またはワイヤ断線
+B/2~+B	少なくとも P2 がスタック一部断線
+B/2	断線無しまたは、P1,P2 一部断線量同じ
0~+B/2	少なくとも P1 がスタック一部断線
0	少なくとも P1 が、スタック全断線またはワイヤ断線

[0028] Thus, malfunction detection is possible not only about the piezo stack P2 but the piezo stack P1, and the case where the piezo stacks P1 are an open circuit, all open circuits, or a wiring open circuit in part at least can be detected with a sufficient precision from the monitor voltage detected in the voltage monitor circuit 7.

[0029] From the above thing, if the malfunction detection equipment of this invention is used for engine out-of-condition investigation of a commercial scene etc., all open circuits can perform easily detection of the piezo injector disconnected in part at least, and exchange from the first. Moreover, all piezo injectors are normalizable with the work habits of performing malfunction detection again combining one of the piezo injectors which remain, using the normal piezo injector after exchange as a piezo actuator for reference. Therefore, investigation / exchange work of a piezo injector can be done efficiently, and a work man day can be cut down sharply.

[Translation done.]

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-185056

(P2002-185056A)

(43)公開日 平成14年6月28日(2002.6.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ページコード* (参考)
H 0 1 L 41/09		F 0 2 D 41/22	3 8 0 M 3 G 0 6 6
F 0 2 D 41/22	3 8 0	F 0 2 M 51/06	N 3 G 3 0 1
F 0 2 M 51/06		H 0 1 L 41/08	K

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 6 頁)

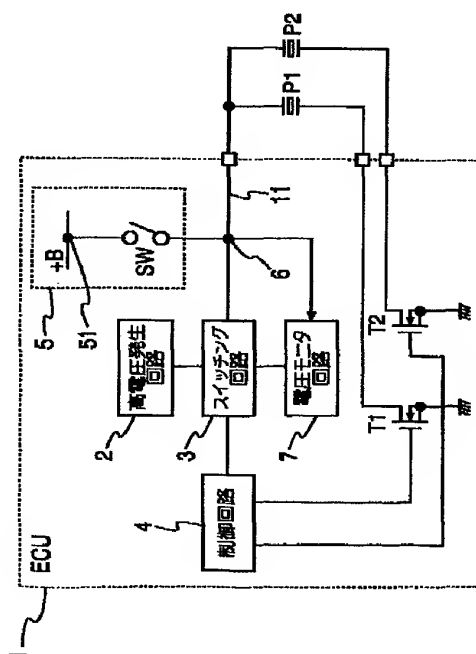
(21)出願番号	特願2000-383108(P2000-383108)	(71)出願人	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	平成12年12月18日(2000.12.18)	(72)発明者	神谷 隆通 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(74)代理人	100067596 弁理士 伊藤 求馬
		Fターム(参考)	3G066 AA07 AC09 BA31 CE27 CE29 DC26 3G301 HA02 JB02 LB11 MA11 PG01B

(54) 【発明の名称】 **ピエゾアクチュエータの異常検出装置**

(57) 【要約】

【課題】 ヒエゾアクチュエータの一部断線、全断線といった異常の状態を精度よく検出可能なヒエゾアクチュエータの異常検出装置を実現し、異常判定の信頼性および作業性を向上する。

【解決手段】 電氣的に並列接続され同一環境条件で使用されるピエゾアクチュエータのピエゾスタックP1、P2への通電経路11途中で検出点6を設け、スイッチSWを介してバッテリー51を接続する。検出点6を介してピエゾスタックP1にバッテリー電圧を印加した後、ピエゾスタックP1に蓄積された電荷を、ピエゾスタックP1、P2に再充電した時の検出点6電圧を電圧モニタ回路7で検出し、検出結果に基づいて、ピエゾスタックP2の一部断線、全断線といった異常の状態を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体を多数積層した構造を有し、駆動手段により充電または放電されることによって伸縮するピエゾアクチュエータの異常を検出する装置であって、電気的に並列接続され同一環境条件で使用される複数のピエゾアクチュエータを設けるとともに、上記駆動手段から上記複数のピエゾアクチュエータへの通電経路の途中に設けた検出点に接続し、該検出点を介して上記複数のピエゾアクチュエータの一方に検出用の定電圧を印加する検出電圧印加手段と、上記検出電圧印加手段から上記検出点を介して上記一方のピエゾアクチュエータへ上記検出用の定電圧を印加した後、上記一方のピエゾアクチュエータに蓄積された電荷を、上記一方のピエゾアクチュエータおよび他方のピエゾアクチュエータに再充電した時の上記検出点の電圧を検出する電圧モニタ手段とを設け、上記電圧モニタ手段の検出結果に基づいて、上記ピエゾアクチュエータの異常の状態を検出することを特徴とするピエゾアクチュエータの異常検出装置。

【請求項2】 同一構造とした上記複数のピエゾアクチュエータの上記一方のピエゾアクチュエータを参照用ピエゾアクチュエータとして、上記他方のピエゾアクチュエータの異常を検出するものであり、上記検出用の定電圧が+Bである時に、上記電圧モニタ手段で検出される電圧が、 $+B/2$ であれば断線なしと判定し、 $+B/2$ より大きく+Bより小さければ上記他方のピエゾアクチュエータの一部断線と判定し、+Bであれば上記他方のピエゾアクチュエータの全断線またはワイヤリング断線と判定する請求項1記載のピエゾアクチュエータの異常検出装置。

【請求項3】 同一構造とした上記複数のピエゾアクチュエータの異常を検出するものであり、上記検出用の定電圧が+Bである時に、上記電圧モニタ手段で検出される電圧が、+Bであれば少なくとも上記他方のピエゾアクチュエータ全断線またはワイヤリング断線と判定し、 $+B/2$ より大きく+Bより小さければ少なくとも上記他方のピエゾアクチュエータの一部断線と判定し、+B/2であれば断線なしまたは上記一方のピエゾアクチュエータおよび上記他方のピエゾアクチュエータが一部断線で断線量同じと判定し、0より大きく+B/2より小さければ少なくとも上記一方のピエゾアクチュエータの一部断線と判定し、0であれば少なくとも上記一方のピエゾアクチュエータの全断線またはワイヤリング断線と判定する請求項1記載のピエゾアクチュエータの異常検出装置。

【請求項4】 上記複数のピエゾアクチュエータが、内燃機関に設けた複数のピエゾインジェクタにそれぞれ内蔵されるものである請求項1ないし3のいずれか記載のピエゾアクチュエータの異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関のピエゾインジェクタ等に適用されるピエゾアクチュエータの異常を検出する異常検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電圧の印加により伸縮する圧電体を利用したピエゾアクチュエータは、高応答で制御性に優れることから、従来より、車両用駆動装置、例えば、ピエゾ駆動式のインジェクタ等への利用が検討されている。一方、近年、新たな車両規制に対応するために車両搭載機器の故障診断技術を確立する必要が生じており、高電圧が発生するピエゾアクチュエータにおいても、異常時には速やかに駆動を停止する等の対策が要求されている。

【0003】ピエゾアクチュエータの高電圧に対する安全対策に関して、例えば、特開平1-202177号公報には、ピエゾアクチュエータの駆動装置に異常検出回路を設けることが記載されている。この異常検出回路は、ピエゾアクチュエータの充放電時に駆動電流経路に流れる充電電流または放電電流を検出し、これら充電電流または放電電流が所定レベルに達していない時に、異常と判断するもので、異常検出時には、高電圧発生動作を禁止したり、異常表示を行うようにして、装置の信頼性を高めている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ここで、ピエゾアクチュエータは、複数の圧電体を電極を介して積層してなり、電気的には容量性素子が多数並列接続された構造となっているため、積層体内部で断線し総容量が変化する故障モード（一部断線）がある。従って、これをピエゾアクチュエータの全断線やワイヤ断線と区別して検出できれば、異常の特定に要する手間が大幅に削減することが可能になる。

【0005】例えば、上記従来の検出方法を応用した場合、一部断線状態を判定できる程度に小さい電流しきい値を設定し、この設定値と比較して、一部断線状態を判定することが考えられる。しかしながら、ピエゾアクチュエータは、断線していなくても、温度・圧力といった使用環境の変化により、その総容量が変化する特性を持っていることから、一部断線による容量変化と環境要因による容量変化との区別をつけることが難しく、誤判定の可能性があると問題があった。

【0006】本発明は上記実情に鑑みてなされたもので、その目的は、ピエゾアクチュエータ内部での一部断線、全断線といった異常の状態を精度よく検出可能なピエゾアクチュエータの異常検出装置を実現し、異常判定の信頼性および作業性を向上することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、圧電体を多数積層した構造を有し、駆動手段により充電または放電されることによって伸縮するピエゾアクチュエータの異常を検出する装置であって、電気的に並列接続さ

れ同一環境条件で使用される複数のピエゾアクチュエータを設けるとともに、上記駆動手段から上記複数のピエゾアクチュエータへの通電経路の途中に設けた検出点に接続し、該検出点を介して上記複数のピエゾアクチュエータの一方に検出用の定電圧を印加する検出電圧印加手段と、上記検出電圧印加手段から上記検出点を介して上記一方のピエゾアクチュエータへ上記検出用の定電圧を印加した後、上記一方のピエゾアクチュエータに蓄積された電荷を、上記一方のピエゾアクチュエータおよび他方のピエゾアクチュエータに再充電した時の上記検出点の電圧を検出する電圧モニタ手段とを設ける。そして、上記電圧モニタ手段の検出結果に基づいて、上記ピエゾアクチュエータの異常の状態を検出するものである。

【0008】上記検出電圧印加手段から上記一方のピエゾアクチュエータに充電された所定量の電荷を、並列接続されている上記複数のピエゾアクチュエータに再充電すると、それぞれの容量に応じて電荷が再分配される。再充電後の上記複数のピエゾアクチュエータの両端間電圧は、上記複数のピエゾアクチュエータの総容量に応じて決定され、上記ピエゾアクチュエータの一部断線または全断線があると総容量が変化するので、再充電後のピエゾアクチュエータ電圧を上記検出点の電圧として検出することによって、上記ピエゾアクチュエータの一部断線または全断線といった異常を区別して検出することができる。また、上記複数のピエゾアクチュエータは同一環境条件に設置されるので、温度や圧力といった環境条件の影響を受けずに、異常判定を作業性よくかつ高い精度で行うことができる。

【0009】請求項2のように、具体的には、上記複数のピエゾアクチュエータを同一構造とし、そのうちの上記一方のピエゾアクチュエータを参照用ピエゾアクチュエータとして、他方のピエゾアクチュエータの異常を検出することができる。そして、上記検出用の定電圧を+Bとした時に、上記電圧モニタ手段で検出される電圧が、 $+B/2$ であれば断線なしと判定し、 $+B/2$ より大きく+Bより小さければ上記他方のピエゾアクチュエータの一部断線と判定し、+Bであれば上記他方のピエゾアクチュエータの全断線またはワイヤリング断線と判定する。

【0010】上記参照用ピエゾアクチュエータが上記他方のピエゾアクチュエータと同一の積層構造である時、上記他方のピエゾアクチュエータが正常であれば、上記電圧モニタ手段によって検出される電圧は、上記定電圧の $1/2$ になる。上記他方のピエゾアクチュエータが一部断線していれば、実際の容量が減少するため、検出される電圧は上記定電圧の $1/2$ より大きくなる。また、上記他方のピエゾアクチュエータが全断線していれば、検出される電圧は上記定電圧のまま変化しない。よって、これらの値と検出された電圧と比較することによって、異常の有無が精度よく判定できる。

【0011】あるいは、請求項3のように、上記複数のピエゾアクチュエータの両方に異常がある場合を考慮することもできる。上記複数のピエゾアクチュエータを同一構造とし、上記検出用の定電圧を+Bとした時、上記電圧モニタ手段で検出される電圧が、+Bであれば少なくとも他方のピエゾアクチュエータの全断線またはワイヤリング断線と判定し、 $+B/2$ より大きく+Bより小さければ少なくとも上記他方のピエゾアクチュエータが一部断線と判定し、 $+B/2$ であれば断線なしまたは上記一方のピエゾアクチュエータおよび上記他方のピエゾアクチュエータが一部断線で断線量同じと判定し、0より大きく $+B/2$ より小さければ少なくとも上記一方のピエゾアクチュエータが一部断線と判定し、0であれば少なくとも上記一方のピエゾアクチュエータが全断線またはワイヤリング断線と判定する。

【0012】上記一方のピエゾアクチュエータに異常、例えば一部断線がある場合には、上記検出用の定電圧が充電されないために、上記電圧モニタ手段によって検出される電圧は、上記定電圧の $1/2$ より小さくなる。全断線またはワイヤリング断線の場合には、検出される電圧は0となる。また、上記一方のピエゾアクチュエータと上記他方のピエゾアクチュエータの一部断線量が同じ場合には、上記定電圧の $1/2$ の電圧値が検出される。検出される電圧が、上記定電圧の $1/2$ より大きければ、少なくとも上記他方のピエゾアクチュエータに上述した異常があることになる。このようにすれば、同等の2つのピエゾアクチュエータの異常判定を同時に行うことができる。

【0013】好適には、請求項4のように、上記複数のピエゾアクチュエータが、内燃機関に設けた複数のピエゾインジェクタにそれぞれ内蔵されるものとする。内燃機関に設置されるピエゾインジェクタは等しい環境条件にあるので、上記異常判定が好適に利用できる。また、気筒数に相当する多数のピエゾアクチュエータを有するピエゾインジェクタに本発明を適用することで、内燃機関の不調調査等の作業性が大きく向上する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明をエンジンのコモンレール噴射装置に設けられるピエゾインジェクタの異常検出に適用した第1の実施の形態について説明する。図1は、ピエゾインジェクタに内蔵されるピエゾアクチュエータの駆動制御系の全体構成図で、後述するようにピエゾアクチュエータの異常検出装置を備えている。図中、P1、P2は、ピエゾアクチュエータの主要部を構成するピエゾスタックを表し、各ピエゾインジェクタが共通のコモンレール（蓄圧配管）に接続されることから、ピエゾスタックP1とピエゾスタックP2は、温度・圧力等の条件が等しい同一環境条件にある。なお、ピエゾインジェクタはエンジンの気筒数と同じ数設けられるが、ここでは、簡便のため、そのうちの2つ（ピエゾ

スタックP1、P2)のみを示している。

【0015】図1において、駆動手段であるピエゾアクチュエータの駆動制御部(ECU)1は、ピエゾスタックP1、P2に印加する高電圧を発生する高電圧発生回路2と、高電圧発生回路2で発生する高電圧をピエゾスタックP1、P2に印加するための充電用スイッチング素子およびピエゾスタックP1、P2に蓄積された電荷を放電させるための放電用スイッチング素子を備えるスイッチング回路3と、このスイッチング回路3の充電用または放電用スイッチング素子のON-OFFを制御する制御回路4を備えている。ピエゾスタックP1、P2には、それぞれ選択用スイッチング素子T1、T2が直列接続されており、これら選択用スイッチング素子T1、T2をON-OFF制御することによって駆動対象となるピエゾスタックP1、P2が選択される。

【0016】ピエゾスタックP1、P2は、円形または矩形の板状に成形したPZT等の圧電体を多数積層して一体化したもので、圧電体間には交互に+電極と-電極が形成される。図2は、ピエゾスタックP1、P2の等価回路図で、容量性素子である多数の圧電体(C1~Cn)が電気的に並列に接続された構成を有しており、電荷の注入(充電)により伸長し、電荷の除去(放電)により収縮して、ピエゾインジェクタを開閉駆動する。制御回路4から充電信号または放電信号が出力されると、スイッチング回路3の充電用または放電用スイッチング素子がONし、選択用スイッチング素子T1、T2で選択されたピエゾスタックP1、P2に充電または放電がなされる。

【0017】スイッチングには、例えば、段階的にスイッチングして充放電を行う複数スイッチング方式が用いられる。この方式において、制御回路4は、噴射信号(例えば0-5V矩形波信号)の立ち上がりエッジを検出した時に充電を開始し、スイッチング回路3の充電用スイッチング素子をONして、高電圧発生回路2で昇圧した高電圧を駆動対象のピエゾスタックP1、P2に充電する。その後、充電電流が所定値(例えば20A)に到達したら、充電用スイッチング素子をOFFし、一定のOFF期間(例えば10μs)後、再びONにすることを繰り返す。そして、所定の充電電圧(例えば100V)に到達したら、充電用スイッチング素子をOFF固定して充電完了とする。

【0018】次いで、制御信号の立ち下がりエッジが検出されると放電を開始する。まず、スイッチング回路3の放電用スイッチング素子をONして、ピエゾスタックP1、P2に充電されていた電荷を放出する。放電電流が所定値(例えば20A)に到達したら放電用スイッチング素子をOFFし、一定のOFF期間(例えば10μs)後に再び放電用スイッチング素子をONにすることを繰り返す。充電電圧がゼロに達したら、放電用スイッチング素子をOFF固定し、放電完了とする。

【0019】本発明では、ピエゾスタックP1、P2の異常検出を行うために、駆動制御部1内に、ピエゾスタックP1、P2の一方に検出用の所定の定電圧(+B)を印加する検出電圧印加手段5を設けている。検出電圧印加手段5は、スイッチング回路3からピエゾスタックP1、P2への通電経路11の途中に設けた検出点6に、スイッチSWを介して接続するバッテリー51を有し、該検出点6を介してピエゾスタックP1、P2の一方にバッテリー電圧(+B)を印加する。また、このようにしてピエゾスタックP1、P2の一方に蓄積された電荷を、ピエゾスタックP1、P2の両方に再充電した時のピエゾスタックP1、P2の両端間電圧を知るために、検出点6の電圧を検出する電圧モニタ手段としての電圧モニタ回路7を設けている。

【0020】次に、検出電圧印加手段5と電圧モニタ回路7で構成される異常検出装置の作動について説明する。ここで、異常検出を実施するタイミングは、ピエゾインジェクタの噴射が実行されていない期間(スイッチング回路3の充電用および放電用スイッチング素子がOFF状態にある期間)とする。また、ここでは、仮の前提条件として、ピエゾスタックP1は正常であることが確認されているものとし、これを参照用ピエゾアクチュエータ(一方のピエゾアクチュエータ)として、検出用ピエゾアクチュエータ(他方のピエゾアクチュエータ)となるピエゾスタックP2の異常の有無を検出する場合を示す。

【0021】まず、選択用スイッチング素子T1をON、選択用スイッチング素子T2をOFF、スイッチSWをONとし、ピエゾスタックP1にバッテリー電圧(+B)を充電する。次いで、スイッチSWをOFFし、選択用スイッチング素子T2をONして(選択用スイッチング素子T1はONのままとする)、ピエゾスタックP1に蓄えられていた電荷をピエゾスタックP2に放出する。この時、ピエゾスタックP2が断線していなければ、上記作動により容量は2倍となるため、電圧モニタ回路7でモニタされる電圧は、+B/2となる。また、図3のように、容量性素子を並列接続した構成のピエゾスタックP2内部で一部断線が生じ、例えば、容量が半分になったとすると、上記作動により容量は1.5倍となるため、モニタされる電圧は、+B×2/3となる。また、ピエゾスタックP2が全断線またはワイヤリング断線となっていれば、電荷の放出がないため、モニタされる電圧は、+Bのままで変化しない。

【0022】このモニタ電圧とピエゾスタックP2断線判定の対応を表1に示す。このように、複数のピエゾスタックの一方(ピエゾスタックP1)を参照用として用い、その電圧をモニタすることで、他方のピエゾスタックP2の異常判定を容易に行うことができ、ピエゾスタックP2の一部断線を全断線やワイヤリング断線と区別して検出できる。また、環境条件の等しいピエゾスタック

クP1を参照用とすることで、環境条件の影響を排除することができ、信頼性の高い異常判定装置が実現できる。

【0023】

【表1】

モニタ電圧 (V)	P2 断線判定
+B/2	断線無し
+B/2~+B	スタック一部断線
+B	スタック全断線または、ワイヤ断線

【0024】なお、上記第1の実施の形態では、ピエゾスタックP1が正常であることを前提として異常検出を行う場合について説明したが、ピエゾスタックP1に異常がある可能性を考慮し、以下に第2の実施の形態として示すようにして異常判定を行うこともできる。

【0025】上記第1の実施の形態において、選択用スイッチング素子T1をON、選択用スイッチング素子T2をOFF、スイッチSWをONとし、ピエゾスタックP1にバッテリー電圧(+B)を充電した時に、ピエゾスタックP1に充電された電荷Q1は、 $Q1 = C1 \times +B$ で表される。この電荷Q1が、次いで、スイッチSWを*

*OFFし、選択用スイッチング素子T2をONすることにより、ピエゾスタックP1とピエゾスタックP2の合成容量に再充電されることから、V：モニタ電圧、C1：ピエゾスタックP1の容量、C2：ピエゾスタックP2容量とすると、

$$Q1 = C1 \times +B = (C1 + C2) \times V$$

となり、モニタ電圧Vの一般式は以下になる。

$$V = +B \times (C1 / (C1 + C2))$$

【0026】上記一般式から、ピエゾスタックP1とピエゾスタックP2のいずれにも一部断線がないまたは一部断線量が同じ場合は、 $C1 = C2$ であり、 $V = +B/2$ である。また、 $C2 = 0$ （少なくともピエゾスタックP2が全断線またはワイヤリング断線）の時は $V = +B$ 、 $C1 = 0$ （少なくともピエゾスタックP1が全断線またはワイヤリング断線）の時は $V = 0$ 、 $C2 < C1$ （少なくともピエゾスタックP2が一部断線）の時は $+B/2 < V < +B$ 、 $C1 < C2$ （少なくともピエゾスタックP1が一部断線）の時は $0 < V < +B$ となることが分かる。このモニタ電圧とピエゾスタックP1、P2断線判定の対応を表2に示す。

【0027】

【表2】

モニタ電圧 (V)	P1,P2 断線判定
+B	少なくともP2が、スタック全断線またはワイヤ断線
+B/2~+B	少なくともP2がスタック一部断線
+B/2	断線無しまたは、P1,P2一部断線量同じ
0~+B/2	少なくともP1がスタック一部断線
0	少なくともP1が、スタック全断線またはワイヤ断線

【0028】このようにして、ピエゾスタックP2のみならず、ピエゾスタックP1についても異常検出が可能で、電圧モニタ回路7で検出されるモニタ電圧から、少なくともピエゾスタックP1が一部断線、あるいは、全断線またはワイヤリング断線である場合を、精度よく検出できる。

【0029】以上のことから、本発明の異常検出装置を、市場のエンジン不調調査等に用いれば、全断線はもとより、少なくとも一部断線しているピエゾインジェクタの検出、交換が容易にできる。また、交換後の正常なピエゾインジェクタを参照用ピエゾアクチュエータとして用い、残るピエゾインジェクタの1つと組み合わせて再度異常検出を行うという作業手順により、全ピエゾインジェクタを正常化することができる。よって、ピエゾインジェクタの調査・交換作業を効率的に行うことができ、作業工数を大幅に削減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のピエゾアクチュエータの異常検出装置※

※を含むピエゾインジェクタ駆動制御系の全体構成を示す図である。

【図2】ピエゾスタックの等価回路図である。

【図3】ピエゾスタックの一部断線状態を示す図である。

【符号の説明】

P1、P2 ピエゾスタック（ピエゾアクチュエータ）

SW スイッチ

1 駆動制御部（駆動手段）

11 通電経路

2 高電圧発生回路

3 スイッチング回路

4 制御回路

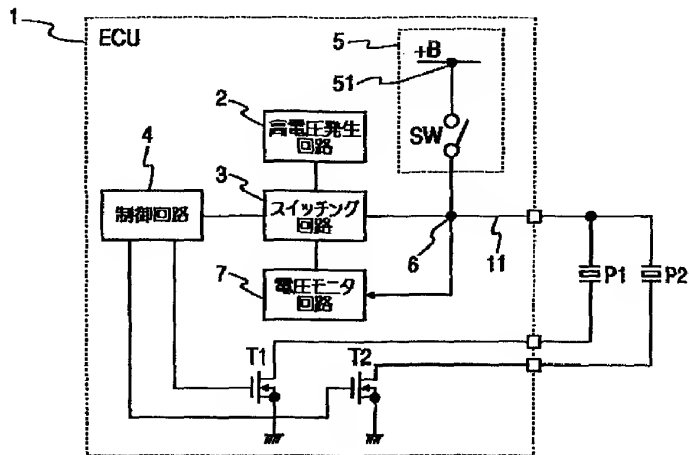
5 検出電圧印加回路（検出電圧印加手段）

51 バッテリ

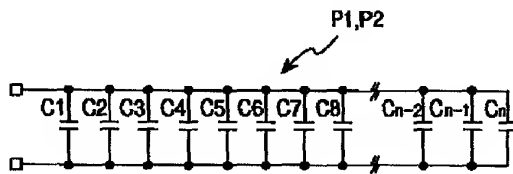
6 検出点

7 電圧モニタ回路（電圧モニタ手段）

【図1】



【図2】



【図3】

